

오토메이션 API를 사용한 설계 이력 기반 파라메트릭 CAD 모델 번역기의 통합

김병철*, 한순홍**

Integration of History-based Parametric CAD Model Translators Using Automation API

Kim, B.* and Han, S.**

ABSTRACT

As collaborative design and configuration design are of increasing importance in product development, it becomes essential to exchange the feature and parametric CAD models among participants. A history-based parametric method has been proposed and implemented. But each translator which exchanges the feature and parametric information tends to be heavy because to implement duplicated functions such as the identification of the selected geometries, mapping between features which have different attributes. Furthermore, because the history-based parametric translator uses the procedural model as the neutral format, which is the XML macro file, the history-based parametric translators need a geometric modeling kernel to generate an internal explicit geometric model. To ease the problem, we implemented a shared integration platform, the TransCAD. The TransCAD separates translators from the XML macro files. The translators for various CAD systems need to communicate with only the TransCAD. To support the communication with the TransCAD, we exposed the functions of the TransCAD by using the Automation APIs, which is developed by Microsoft. The Automation APIs of the TransCAD consist of the part modeling functions, the data extraction functions, and the utility functions. Each translator uses these functions to translate a parametric CAD model from the sending CAD system into the XML format, or from the XML format into the model of the receiving CAD system. This paper introduces what the TransCAD is and how it works for the exchange of the feature and parametric models.

Key words: CAD model exchange, feature-based model exchange, history-based model exchange, integration, Automation API

1. 연구 배경

상업용 CAD 시스템의 파라메트릭 기술은 설계 파라미터를 변경하여 제품 모델을 빠르게 생성할 수 있게 해준다. 그러나 하나의 제품을 설계하기 위해서는 여러 부품 공급자들의 설계 정보가 필요하기 때문에, 서로 다른 CAD 시스템들간에 파라메트릭 CAD 모델을 교환하는 것은 중요하다. 모델 교환을 위해서

가장 많이 사용되는 교환 표준으로 IGES와 STEP AP203^[1]이 있다. 그러나 이들 교환 표준은 제품의 형상 정보 교환을 위해서 B-rep 기반 모델을 사용하기 때문에 특징 형상이나 파라메트릭 정보를 전달할 수 없다. 따라서 IGES나 STEP AP203을 사용하여 교환된 모델은 특징 형상 및 파라메트릭 정보가 사라지기 때문에, 교환 후 CAD 모델을 수정하기가 매우 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 특징 형상 및 파라메트릭 모델을 교환하려는 연구가 진행되어 왔다.

이 분야에 있어서 가장 먼저 진행된 연구로 알려져 있는 것은 Hoffmann의 Erep^[2] 프로젝트이다. Erep은 중립(neutral) 모델이며 점차적 모델을 사용한다.

*교신저자, 학생회원, 한국과학기술원 기계공학과

**종신회원, 한국과학기술원 기계공학과

- 논문투고일: 2005. 07. 26

- 심사완료일: 2005. 11. 28

Erep에서는 특징 형상 및 구속 조건, 어셈블리 모델까지 표현하였다. 또한 특징 형상 파라미터들을 잘 정의해 놓았다.

Rappoport는 특징 형상 교환을 위하여 UPR(Universal Product Representation)을 정의 하였다¹³⁾. UPR은 상업용 CAD 시스템들이 지원하는 데이터 타입들의 교집합이 아닌 합집합이라는 것이 특징이다. 이 연구에서는 UPR을 기반으로 하는 변환 아키텍처를 제안하였다. 또한 특징 형상 간에 매핑이 안될 경우 형상 데이터를 교환하는 방법도 제안하였다. UPR은 Proficiency¹⁴⁾라는 웹 기반 상업용 데이터 변환 서비스를 통해 구현되었다.

ISO STEP 커뮤니티 내에서도 특징 형상 및 파라메트릭 모델 교환을 위한 표준화가 진행되고 있다. 이는 ISO TC184/SC4 STEP Working Group 12의 Parametrics 그룹에 의해서 진행이 되고 있는데, 현재 파라메트릭 모델을 교환하기 위한 5개의 표준 문서가 완성 단계에 있다. STEP Part 55¹⁵⁾, STEP Part 108¹⁶⁾, STEP Part 109¹⁷⁾, STEP Part 111¹⁸⁾, STEP Part 112¹⁹⁾가 이에 해당한다. STEP Part 55는 STEP에서 절차적 모델을 기술하기 위한 데이터 모델이 정의되어 있고, STEP Part 108에는 파라미터와 구속 조건을 위한 데이터 모델이, STEP Part 109에는 어셈블리 모델을 위한 구속 조건이, STEP Part 111에는 설계 특징 형상이, 그리고 STEP Part 112에는 스케치 교환을 위한 절차적 모델이 정의되어 있다. CHAPS 프로젝트에서는 이와 같은 STEP 파라메트릭 표준을 사용하여 특징 형상 및 파라메트릭 모델을 교환하는 실험을 하였다¹⁰⁾.

KAIST에서는 매크로 파라메트릭 방법론을 제안하였는데^{11,14)}, 이는 설계 이력 기반 파라메트릭 모델 교환 방법의 하나이다. 모델링 명령어의 시퀀스나 모델링 이력을 기록하는 매크로 정보가 교환된다. Fig. 1은 매크로 파라메트릭 방법에서 사용되는 데이터 교환 모델을 보여준다.

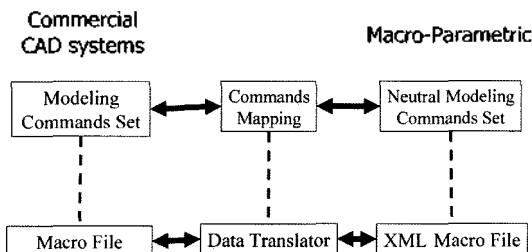


Fig. 1. Data exchange model of the macro-parametric approach^{11,14)}.

매크로 파라메트릭에서의 매핑은 두 단계로 이루어진다. 하나는 CAD 시스템의 사용자 명령어 집합(modeling commands set)과 중립 명령어 집합(neutral modeling commands set)^{11,12)}간의 명령어 매핑이고, 다른 하나는 상업용 CAD 시스템의 매크로 파일(macro file)과 XML 매크로 파일(XML macro file)간의 데이터 변환 단계이다. CAD 모델을 변환하기 위해서, 상업용 CAD 시스템에서 생성된 매크로 정보가 XML 매크로 파일로 변환된다. 이는 다시 교환 대상인 또 다른 CAD 시스템의 명령어 시퀀스로 변환된다. 중립 모델링 명령어 집합은 5개의 상업용 CAD 시스템을 분석하여 정의되었으며, XML 매크로 파일의 스키마로 표현된다.

매크로 파라메트릭 방법을 검증하기 위하여 CATIA V5, Pro/Engineer, Unigraphics, SolidWorks, Autodesk Inventor에 대한 번역기가 구현되고 있다. 그러나 번역기를 개발하는 과정에서 몇 가지 문제점이 나타났으며, 우리는 이를 해결하기 위하여 TransCAD라는 통합 플랫폼을 구현하였다. 그리고 TransCAD와 번역기들 사이의 통신을 위해서 Automation API를 구현하여 TransCAD의 기능을 외부로 노출시켰다. 본 논문에서는 번역기를 개발하는 과정에서 발생한 문제들을 소개하고, 이에 대한 해결 방법을 제안한다.

이 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2절에서는 번역기를 개발하는 과정에서 나타난 문제점에 대해서 설명한다. 3절에서는 제안된 해결 방안에 대해서 설명한다. 4절에서는 이를 해결하기 위한 TransCAD 및 번역기의 구조에 대해서 설명한다. 5절에서는 제안된 TransCAD에서의 번역 과정을 설명한다. 마지막으로 6절에서는 구현 및 실험 결과를 보여준다.

2. 매크로 파라메트릭 번역기의 문제점

기존의 매크로 파라메트릭 번역기는 Fig. 2와 같은 구조를 가지고 있었다. Fig. 2의 구조에서 CAD 시스템 α 로부터 CAD 시스템 β 로 CAD 모델 교환이 일어날 때, 번역기는 CAD 시스템 α 로부터 매크로 파일을 통해서 모델 정보를 가져온다. 그리고 번역기는 CAD 시스템 α 로부터 가져온 정보로부터 필요한 데이터를 추출하기 위하여 번역기 내부에 명시적 모델(explicit model)을 재생성한다. 번역기는 내부 모델을 이용하여 CAD 시스템 α 의 명령어를 중립 모델링 명령어로 변환하고, 이 정보는 XML 매크로 파서(XML macro parser)를 사용하여 XML 매크로 파일에 기록된다. 그리고 CAD 시스템 β 의 번역기가 XML 매크

로 파서를 사용하여 다시 XML 매크로 파일의 정보를 읽어 번역기 내부에 모델을 재생성한다. 재생성된 모델과 XML 매크로 파일의 정보로부터 CAD 시스템 β 포맷의 매크로 파일을 작성하게 되고, 이를 CAD 시스템 β에서 읽어 들이면 파라메트릭 정보를 가진 모델이 생성된다.

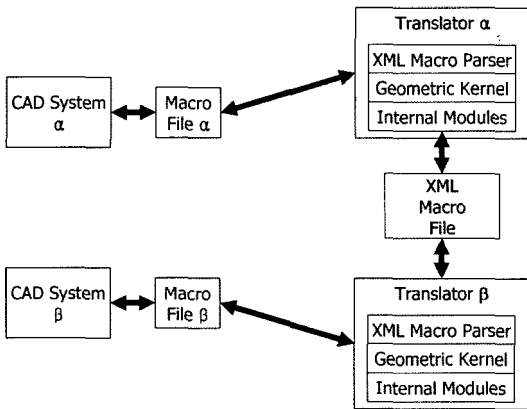


Fig. 2. Architecture of the macro-parametric translator in the previous research.

이러한 일련의 과정 속에서, 번역기는 내부 모델을 생성하기 위해서 형상 모델링 커널을 필요로 한다. 뿐만 아니라 XML 매크로 파일을 읽고, 쓰고, 유효성을 검사하기 위하여 XML 매크로 파서를 필요로 한다. 이러한 공통 모듈 외에도 각 번역기는 자신만의 기능을 구현하기 위하여 추가 모듈들을 필요로 한다. 그 결과, 번역기는 여러 개의 모듈을 포함하게 되기 때문에 거대해지게 된다.

또한 번역기는 필요한 정보를 추출하기 위하여 명시적 모델을 필요로 한다. 그러나 XML 매크로 파일이나 각 CAD 시스템의 매크로 파일에는 명시적 모델에 대한 정보는 없고 절차적 모델에 대한 정보만 있기 때문에 절차적 모델로부터 명시적 모델을 내부적으로 생성해야 한다. 이는 형상 모델링 커널을 사용하여 생성할 수 있으나, 각각의 번역기들이 처리하기에는 중복된 노력이 필요하다.

뿐만 아니라 상업용 CAD 시스템은 고유의 위상 요소 선택 메커니즘(selection mechanism)을 가지고 있기 때문에 CAD 모델을 교환하는 두 CAD 시스템간에 선택된 요소에 관한 정보 표현 형태를 변환해 주어야 한다¹⁷⁾. 예를 들면, SolidWorks의 경우에는 선택 메커니즘으로 3차원 좌표를 사용한다. 즉, 3차원 공간 상에 한 점을 선택했을 때 그 점에서 가장 가까운 요

소를 선택한다. 반면에 CATIA V5에서는 특정 형상 정보와 스케치 정보를 가지고 각각의 요소에 이름을 부여한다. 따라서 이처럼 서로 다른 선택 메커니즘 사이에 변환이 필요하다. 그러나 변환 메커니즘이 복잡하기 때문에 번역기가 선택 정보를 변환하는 것은 번역기 개발을 어렵게 만든다.

번역기는 XML 매크로 파일 처리를 위해 중립 모델링 명령어 집합을 스키마로 사용한다. 만약 중립 명령어의 일부가 바뀌게 된다면, 모든 번역기들은 소스 코드를 수정해야 한다. 뿐만 아니라, 중립 모델링 명령어 집합의 변경을 관리하는 문제가 종종 발생한다. 이는 번역기 개발 시간을 증가시킨다.

3. 해결 방안

위에서 언급한 문제점들을 해결하기 위하여 우리는 통합 플랫폼인 TransCAD를 구현하였다. TransCAD는 번역기와 중립 매크로간의 레이어(layer)로써 작용한다. Fig. 3은 번역기와 중립 매크로, 그리고 TransCAD간의 새 아키텍처를 보여준다.

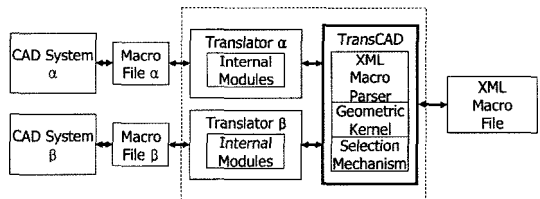


Fig. 3. New architecture of the macro-parametric translator.

새로운 아키텍처에서는 개별 번역기가 처리해야 하는 많은 작업을 TransCAD가 담당한다. 번역기가 하는 일은 TransCAD의 정보와 해당 CAD 시스템의 매크로 정보를 매핑하는 것이다. 대부분의 작업은 TransCAD 내에서 처리되며, 이러한 간단한 구조 변화로 인해서 위에서 언급한 문제들을 해결할 수 있다.

모든 번역기들이 공통으로 사용하는 형상 모델링 커널이나, XML 매크로 파서와 같은 모듈들이 번역기에서 TransCAD로 이동하였기 때문에, 번역기가 가벼워진다. 또한 TransCAD에 형상 모델링 기능이 추가되어, TransCAD는 절차적 모델로부터 명시적 모델을 생성할 수 있다. 따라서, 개별 번역기는 절차적 모델에서 명시적 모델을 직접 생성할 필요가 없다. 또한 간단한 사용자 인터페이스 추가로, TransCAD 상에서 번역 중간 결과를 확인할 수 있고, 수정하는 것도 가

능하다. 그리고 TransCAD 안에 다양한 선택 메커니즘을 구현하여 번역기들이 이 기능을 이용할 수 있다. 마지막으로, 시스템 구조상 번역기가 직접 XML 매크로 파일에 액세스(access)하는 것을 막음으로써, 중립 모델링 명령어 집합의 변경에 따른 수정은 TransCAD에서만 일어나게 된다. 이렇게 하면 중립 모델링 명령어 집합의 변경이 번역기의 변경에까지 미치지 않는다.

한편 Fig. 3과 같은 시스템 아키텍처에서는, 번역기와 TransCAD간의 인터페이스를 제공해야 한다. 이를 위해서 TransCAD에 Automation API가 구현되었다. Automation API는 TransCAD의 기능을 외부로 노출시킨다. Automation은 마이크로소프트에서 개발한 기술로써, 개발자들이 빈번한 작업을 자동화하기 위해 커스텀 프로그램(custom program)을 쉽게 만드는 것을 지원해 주는 COM(Component Object Model)¹⁹⁾ 기반 기술이다. 그리고 Automation은 응용 프로그램이 자신의 기능을 스크립트(script) 언어나 다른 인터프리터(interpreter) 언어에 노출시키는 것을 가능하게 해 준다²⁰⁾. 현재 많은 응용 프로그램들이 자신의 기능을 노출시키기 위해 Automation을 사용한다. CATIA V5나 SolidWorks 같은 상업용 CAD 시스템도 Automation API를 제공한다. 그러나 이들 CAD 시스템이 제공하는 API의 기능은 제한되어 있고, 매크로 파라메트릭 번역기에 적합하지 않다.

4. TransCAD와 번역기의 구조

Fig. 4는 TransCAD와 번역기의 내부 구조를 보여 준다. TransCAD는 8개의 모듈로 구성되어 있다. Geometric modeling kernel은 불리언 연산(Boolean operator), 필렛(filllet), 모따기(chamfer)와 같은 형상을 생성하기 위한 모듈이다. 이 모듈은 기하 및 위상 정

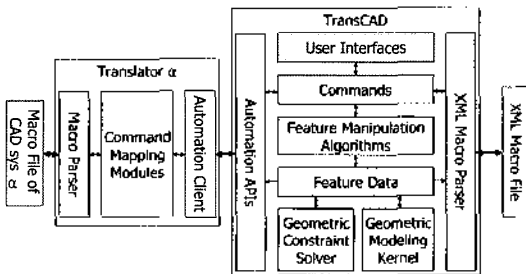


Fig. 4. Detailed architecture of the TransCAD and the macro-parametric translators.

보를 관리하기 위한 핵심 모듈이다. Geometric constraint solver 또한 파라메트릭 기능을 구현하는 데 있어서 필수 모듈이다. 특히 상업용 CAD 시스템의 파라메트릭 정보에는 기하학적 구속 조건이 들어가 있는데 이를 처리하기 위해서는 반드시 포함되어야 한다. 만약 이 모듈이 없으면 모델을 재생성 하는데 있어서 원본 모델과 다른 형상을 생성하거나 공차 문제로 인하여 모델을 생성하지 못하는 문제가 발생한다. Feature data 모듈은 TransCAD 내에서 사용하는 자료를 관리하는 모듈이다. Fig. 8에서 CFeature 클래스 및 그 하위 클래스들이 Feature data 모듈을 구성한다. 여기에는 geometric modeling kernel 및 geometric constraint solver, 그리고 TransCAD에서 사용하는 여러 정보를 특징 형상 단위로 추상화 시켜 놓았다. 따라서 TransCAD에 형상을 생성하거나 변경 시키기 위해서는 feature data 모듈이 필요하다. 즉, 여러 feature manipulation algorithms들은 feature data를 직접 조작하여 자신의 알고리즘을 수행한다. 다시 말해, feature manipulation algorithms에는 직선 돌출이나 회전 돌출과 같은 특징 형상을 생성하기 위한 알고리즘이 들어있다. Feature data와 다른 점은 feature data는 생성된 특징 형상의 결과만을 가지고 있는 반면, feature manipulation algorithms은 feature data를 생성하기 위한 과정을 가지고 있다. 그러나 undo/redo 기능이나 Automation APIs를 쉽게 구현하기 위해서, feature manipulation algorithms은 다시 commands라는 상위 모듈로 구성된다. 오직 feature data를 읽을 때에만 직접 feature data에 접근하고, 형상을 변경을 하거나 새로 만들 경우에는 모든 작업을 command를 통해서 한다. 마지막으로 Automation APIs, neutral macro parser 및 user interfaces는 TransCAD 외부와 접촉하기 위한 인터페이스 모듈이다. TransCAD와 번역기 사이의 상호작용을 위하여 TransCAD의 API를 Automation을 사용하여 구현하였다. Automation을 사용하게 되면 TransCAD의 API에 접근하기 쉬워지고, 번역기는 어떤 프로그래밍 언어를 사용하여도 구현할 수 있다. 뿐만 아니라 차후 PDM과 같은 다른 응용 프로그램이 쉽게 인터페이스를 할 수 있다.

XML macro parser는 TransCAD의 내부 정보를 XML 매크로 파일로 변환을 하거나, XML 매크로 파일을 읽어서 내부 정보로 변환을 해 주는 모듈이다. 그리고 TransCAD에는 user interfaces가 추가됨으로써 번역 중간 결과를 확인할 수 있고, 필요에 따라서 정보를 수정할 수 있다.

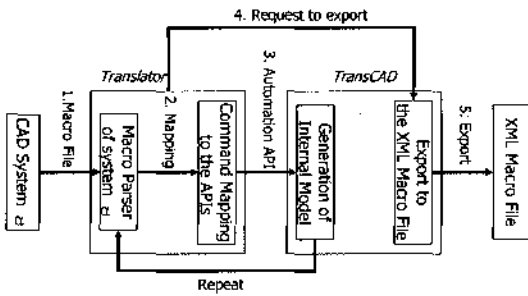


Fig. 5. Translation process: pre-processing.

5. CAD 모델 교환 과정

Fig. 5는 제안된 아키텍처에서 CAD 시스템 α의 모델이 XML 매크로 파일로 변환되는 과정을 보여준다. 우선 번역기는 CAD 시스템 α의 매크로 파일에서 매크로 파서(macro parser)를 사용하여 정보를 가져온다(과정 1). 그리고 이를 TransCAD의 APIs로 매핑을 하고^{14,15}(과정 2), 매핑된 TransCAD의 API를 호출한다(과정 3). 과정 3에서 TransCAD의 APIs는 Automation client 모듈을 통해서 호출이 되고, 과정 3을 수행하기 위해서 과정 2에서 매크로 파일의 정보를 Automation APIs 호출로 변환한다. Automation APIs의 호출은 TransCAD 내부의 command를 호출하게 되고, 이는 다시 feature data를 조작하여 모델을 생성한다. 마지막으로 번역기가 TransCAD에게 내부 모델 정보를 XML 매크로 파일로 저장하라고 명령하면(과정 4) TransCAD는 XML 매크로 파일을 생성한다(과정 5).

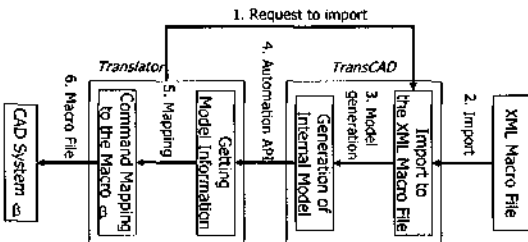


Fig. 6. Translation process: post-processing.

Fig. 6은 XML 매크로 파일을 CAD 시스템 β의 모델로 변환하는 과정을 보여준다. 우선 번역기는 TransCAD에게 XML 매크로 파일을 읽으라고 명령한다(과정 1). 그러면 TransCAD는 XML 매크로 파일을 읽어서(과정 2) 내부에 모델을 생성하게 된다(과정

3). 그 다음, 번역기는 TransCAD의 Automation APIs를 호출하여 TransCAD로부터 정보를 가져온다(과정 4). 그리고 이 정보는 다시 command mapping을 통하여 번역 대상이 되는 CAD 시스템의 매크로 파일로 변환된다^{14,15}(과정 5). 이를 CAD 시스템 β에서 읽어 들이면 원하는 모델이 재생성 된다(과정 6).

6. 구현 및 실험

본 연구에서 제안된 아키텍처는 Table 1의 환경에서 구현되었다. XML 매크로 파일을 읽고, 쓰기 위하여 XML 파서가 사용되었다. MFC는 TransCAD의 사용자 인터페이스를 구현하는데 사용되었다. TransCAD의 Automation API를 구현하는 데는 ATL이 사용되었다. Fig. 7은 TransCAD에 사용된 주요 클래스들과 그들간의 관계를 단순한 형태의 UML 다이어그램으로 보여준다.

Table 1. The implementation environment

Target CAD systems	Autodesk Inventor, CATIA V5
Operating system	Microsoft Windows XP SP2
Programming language	C++
Geometric modeling kernel	OpenCASCADE 5.2
Geometric constraint solver	2D DCM 46.0
XML parser	MSXML 4.0
GUI implementation	MFC (Microsoft Foundation Class)
Automation implementation	ATL (Active Template Library)

본 실험은 Autodesk Inventor와 Dassult CATIA V5사이에서 수행되었다. 우선 ISO 파라메트릭스 그룹에서 사용하는 L자 모양의 블록 모델이 Inventor에서 모델링이 된다. 그리고 나서, Inventor의 번역기를 사용하여 Inventor에서 모델링 한 L 블록의 정보를 가져온다. 그리고 같은 모델이 TransCAD의 API를 사용하여 TransCAD 내에 만들어진다. 생성된 모델은 XML 매크로 파일로 저장된다. 저장된 XML 매크로 파일을 CATIA 모델로 변환하기 위하여, 저장된 XML 매크로 파일을 TransCAD 내부로 읽어 들인다. TransCAD의 API를 사용하여 TransCAD의 모델 정보를 가져오고, CATIA 번역기가 이를 CATIA의 명령어로 변환하면, CATIA 매크로 파일이 생성된다. 최종적으로, 생성된 CATIA 매크로 파일을 이용하여 CATIA 모델을 생성하며, Fig. 8은 실험 결과를 보여

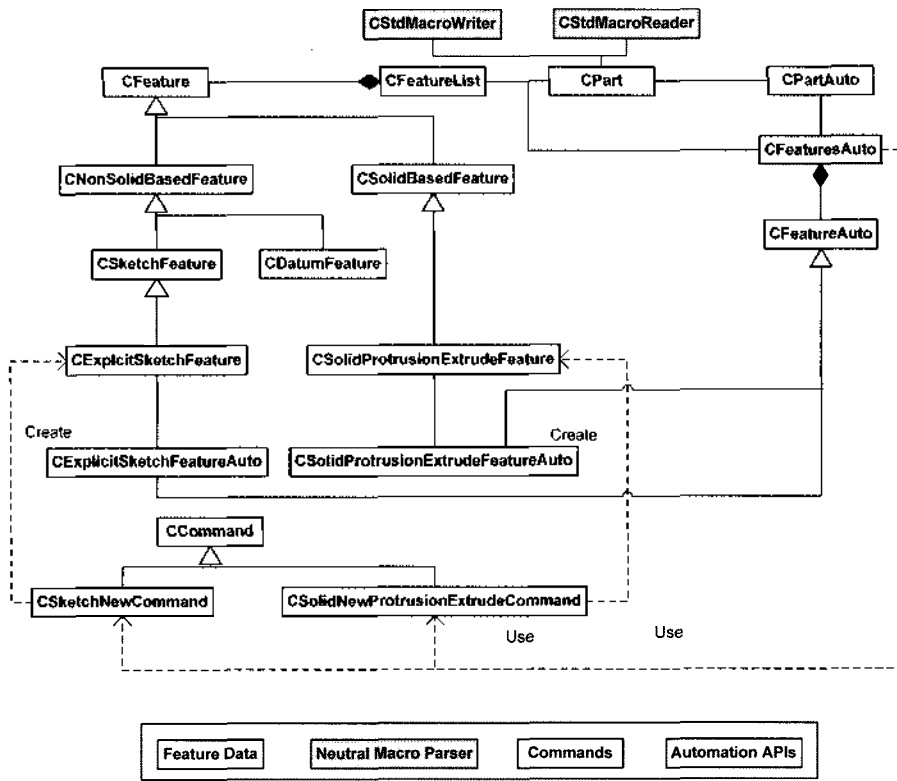


Fig. 7. Simplified UML diagram of the TransCAD classes.

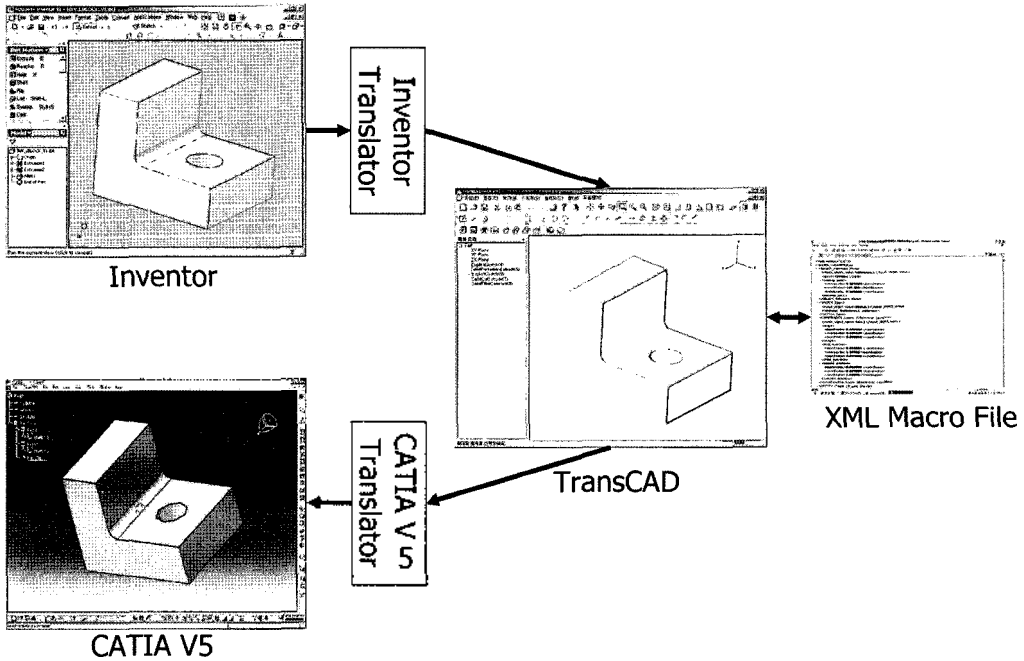


Fig. 8. Implementation result.

준다.

Fig. 8에서 Inventor와 CATIA 사이에 모델이 교환되는 것을 확인할 수 있다. 그리고 동일한 모델이 TransCAD에서 생성된 것을 볼 수 있으며, 생성된 XML 매크로 파일을 볼 수 있다. 뿐만 아니라, CATIA에 특정 형상 트리가 생성된 것을 보면 파라메트릭 정보가 전달된 것을 확인할 수 있다.

7. 결 론

본 연구에서는 매크로 파라메트릭 번역기의 구현을 개선하는 방법에 초점을 맞추었다. 즉, 번역기가 외부 모듈을 포함하여 무거워지는 문제, 번역기가 명시적 모델을 생성해야 하는 문제를 TransCAD를 통하여 공동으로 처리할 수 있다. 또한, 선택 메커니즘 문제, 중립 매크로 명령어의 유지 보수 문제를 번역기가 아닌 TransCAD가 담당하게 하여 번역기의 구현을 쉽게 하였다. 이를 위해서 번역기와 중립 매크로 파일 사이에 TransCAD라는 레이어를 하나 추가로 만들어, 번역기가 TransCAD를 통해서 작업을 한다. 그리고 번역기와 TransCAD 사이의 의사소통을 위해서 Automation APIs를 사용하였다.

번역기와 중립 포맷 사이에 형상 모델러를 추가함으로써 개별 번역기를 구현하는데 필요한 중복되는 수고를 덜 수 있다. 뿐만 아니라 번역기들이 XML 매크로 파일에 직접 액세스하는 것을 막음으로써, 번역기들을 TransCAD를 중심으로 통합시킬 수 있다.

그러나 현재에는 번역기와 TransCAD가 한 컴퓨터 상에 있어야 한다는 문제점이 있다. 뿐만 아니라 다른 응용프로그램에서 TransCAD의 기능을 이용하기 위해서는, 그 응용프로그램도 같은 컴퓨터에 있어야 한다. 이를 해결하기 위해서 앞으로 Automation APIs를 XML Web Service로 대체하는 연구가 필요하다. 그리고, 본 연구에서 사용한 중립 명령어 집합에 대한 유효성 검증도 필요하다. 또한, 번역기의 성능을 높이기 위해서, 곡면 오퍼레이션을 포함한 더 많은 특정 형상을 번역할 수 있도록 연구의 범위를 확장해야 한다.

또 다른 문제로는 OpenCASCADE가 필요로 하는 기능을 충분히 제공하지 않는다는 것이다. 예를 들면, 선택 메커니즘 구현을 위해서는 엔티티 각각에 대해 사용자 속성 정의가 필요하고, 불리언 연산으로 인하여 엔티티가 분할되거나 합쳐질 경우 사용자 정의 속성을 관리해 주는 기능이 필요하지만 OpenCASCADE에서는 아직 이런 기능을 지원하지

않는다. 또한, 스웩이나 필렛 기능도 다양한 옵션을 지원하지 않아서 상업용 CAD 시스템에서 복잡한 옵션을 주어서 모델을 생성한 경우 처리할 수 없는 문제점이 있다. 그리고 OpenCASCADE는 아직 상업적으로 많이 검증이 되지 않았기 때문에 다수의 버그들을 포함하고 있다. 이런 이유로 OpenCASCADE를 ACIS나 Parasolid와 같은 안정적인 커널로 대체하는 것을 검토 중이다.

참고문헌

1. ISO, "Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 203: Application Protocol: Configuration Controlled 3D Designs of Mechanical Parts and Assemblies", *ISO 10303-203*, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 1994.
2. Hoffmann, C. M. and Juan, R., "Erep, An Editable, High-level Representation for Geometric Design and Analysis", *Geometric and Product Modeling*, North Holland, pp. 129-164, 1993.
3. Rappoport, A., "An Architecture for Universal CAD Data Exchange", *ACM Symposium on Solid Modeling and Applications 2003*, ACM Press, pp. 266-269, 2003.
4. Proficiency, homepage, <http://www.proficiency.com/>
5. ISO, "Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 55: Integrated Generic Resource: Procedural and Hybrid Representation", *ISO DIS 10303-55*, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2003.
6. ISO, "Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 108: Integrated Application Resource: Parameterization and Constraints for Explicit Geometric Product Models", *ISO DIS 10303-108*, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2003.
7. ISO, "Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 109: Integrated Application Resource: Kinematic and Geometric Constraints for Assembly Models", *ISO DIS 10303-109*, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2003.
8. ISO, "Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 111: Integrated Application Resource: Construction History Features", *ISO CD 10303-111*, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2003.
9. ISO, "Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part

- 112: Integrated Application Resource: Standard Modelling Commands for the Procedural Exchange of 2D CAD Models”, *ISO CD 10303-112*, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2005.
10. Stiteler, M., “Construction History and Parametrics: Improving Affordability Through Intelligent CAD Data Exchange”, *CHAPS Program Final Report*, Advanced Technology Institute, 2004
11. Mun, D., Han, S., Kim, J. and Oh, Y., “A Set of Standard Modeling Commands for the History-based Parametric Approach”, *Computer-Aided Design*, Vol. 35, No. 13, pp. 1171-1179, 2003.
12. Choi, G., Mun, D. and Han, S., “Exchange of CAD Part Models Based on the Macro-parametric Approach”, *International Journal of CAD/CAM* (www.ijcc.org), Vol. 2, No. 1, pp. 13-21, 2002.
13. Yang, J., Han, S., Kim, B., Cho, J. and Lee, H., “An XML-Based Macro Data Representation for a Parametric CAD Model Exchange”, *International CAD Conference and Exhibition*, May 24-28, 2004, Pattaya Beach, Thailand, also in *Computer-Aided Design and Applications*, Vol. 1, No. 1, pp. 153-162, 2004.
14. 문두환, 한순홍, “매크로 파라메트릭 방법론을 이용한 CAD모델의 교환”, 한국CAD/CAM학회 논문집, 제6권, 제4호, pp. 254-262, 2001.
15. 문두환, 김병철, 한순홍, “피처 트리와 매크로 파일을 이용하는 하이브리드 파라메트릭 번역기”, 한국CAD/CAM 학회 논문집, 제7권, 제4호, pp. 240-247, 2002.
16. 양정삼, 한순홍, 김병철, 박찬국, “CAD 모델 교환을 위한 매크로 파라메트릭 정보의 XML 표현”, *대한기계학회논문집 A권*, 제27권, 제12호, pp. 2061-2071, 2003.
17. Mun, D. and Han, S., “An Approach to Persistent Naming and Naming Mapping Based on OSI and IGM for Parametric CAD Model Exchanges”, *5th Japan-Korea CAD/CAM Workshop, Digital Engineering Workshop (DEWS)*, Tokyo, Japan, Feb. 24-25, 2005.
18. Microsoft Corporation, *Ole Automation Programmer's Reference: Creating Programmable 32-Bit Applications (Microsoft Technical Reference)*, Microsoft Press, 1996.
19. Dale Rogerson, *Inside COM*, Microsoft Press, 1997
20. Kim, B. and Han, S., “Integration of History-based Parametric Translators Using the Automation API”, *Proceedings of the 2005 International Conference on Product Lifecycle Management(PLM05)*, Lumiere University of Lyon, Lyon, France, July 11-13, 2005, pp. 485-494, 2005.



한 순 홍

한국과학기술원 기계공학과와 교수이며, 2004년까지 웹저널인 International Journal of CAD/CAM(www.ijcc.org)의 편집장으로 활동하였다. 2003년까지 STEP센터(www.kstep.or.kr)의 회장과 전자거래학회(www.calsec.or.kr)의 회장을 맡았으며, 관심분야는 STEP, 가상현실 응용, 지능형 CAD이다. 연락처는 shhan@kaist.ac.kr, 홈페이지 http://icad.kaist.ac.kr, 미국 미시간 대학에서 1990년 박사학위



김 병 철

2001년 고려대학교 기계공학과 학사
 2003년 한국과학기술원 기계공학과 석사
 2003년~현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정
 관심분야: Feature and Parametric Design, CAD Data Exchange, Intelligent CAD, Internet CAD